

(19) Japan Patent Office

(12) Publication of Patent Application (A)

(11) Publication Number of Patent Application: S57-73513

(43) Date of Publication of Application: May 8, 1982

(51) Int. Cl³: H03H 9/25

Identification:

Intraoffice Reference Number: 7232-5J

Number of Inventions: 1

Request for Examination: not made
(3 pages in total)

(54) SURFACE ACOUSTIC WAVE DEVICE

(21) Application Number: S55-149483

(22) Application Date: October 27, 1980

Patent Law Section 30(1) is applied.

(1) Published in the spring study lecture papers issued on May 9, 1980.

(2) Published in the autumn study lecture papers issued on October 3, 1980.

(72) Inventor: Shimizu Yasutaka
1-10 Umegaoka 3-chome, Setagaya-ku, Tokyo

(72) Inventor: Yamamoto Taiji
2-7 Shinmachi 1-chome, Tsu-shi

(71) Applicant: Shimizu Yasutaka
1-10 Umegaoka 3-chome, Setagaya-ku, Tokyo

(74) Agent: Patent Attorney, Murai Takashi

Specification

1. Title of the Invention

SURFACE ACOUSTIC WAVE DEVICE

2. Claim

(1) A surface acoustic wave device, characterized by using as a piezoelectric substance a crystal that is a rotation Y-cut crystal and has the rotation angle set to $28^{\circ} \pm 5^{\circ}$ relative to a Y-axis and the surface acoustic wave propagation direction set to $\pm(43^{\circ} \pm 3^{\circ})$ relative to an X-axis.

3. Detailed Description of the Invention

The present invention relates to a surface acoustic wave device that uses a crystal as a piezoelectric substance.

In a surface acoustic wave device, the following structure thereof has heretofore been popularized as shown in Fig. 1. That is, two comb-like electrodes 2 and 3 are disposed on a piezoelectric substrate 1. An electrical signal is applied to one comb-like electrode 2 and thus converted into a surface acoustic wave, and the electrical signal is taken from the other comb-like electrode 3. In this case, a piezoelectric substance of the related-art surface acoustic wave device uses LiNbO_3 , LiTaO_3 , a crystal, or the like.

However, these piezoelectric substances have the following disadvantages. That is, LiNbO_3 and LiTaO_3 have a high electromechanical coupling coefficient, but have a high

delay time temperature coefficient of 80 ppm/°C and 20 ppm/°C, respectively. Besides, although having a low electromechanical coupling coefficient, the crystal has a low temperature coefficient. Particularly, an ST-cut crystal is known as having a zero temperature coefficient as Fig. 2 shows its temperature characteristic. However, as can be seen from Fig. 2, the temperature width in which the delay time change rate is 10 ppm or lower is about 38°C, which is not wide. Accordingly, the crystal has the disadvantage that it cannot satisfy the demand of the latest high-reliability device.

Thereupon, the invention aims at providing a surface acoustic wave device that eliminates these disadvantages and that has very satisfactory temperature characteristics. That is, the invention uses a crystal substrate as a piezoelectric substrate configuring the surface acoustic wave device, thus providing a cut orientation of the crystal substrate and a propagation direction of a surface acoustic wave having a temperature width of 58°C at a delay time change rate of 10 ppm or lower.

The invention will hereinafter be specifically described using the drawings.

First, Euler angles are often used to discuss the characteristics of a substrate having anisotropy such as of a crystal. The Euler angles have a right-hand and left-hand indication, and the right-hand Euler angles (ϕ , θ , and ψ) are

used here as shown in Fig. 3. In this figure, X-, Y-, and Z-axes are the crystal axes of the crystal. The angle ϕ is a first rotation angle, which is an angle formed by rotating a cut surface from the X-axis, and a second rotation angle θ is an angle formed by rotating the cut surface from the Z axis. Furthermore, a third rotation angle ψ is an angle indicative of the propagation direction of a surface acoustic wave on the cut-out surface of a crystal substrate. Accordingly, the characteristics of the surface acoustic wave that travels in an arbitrary direction on the crystal substrate with an arbitrary cut orientation can be discussed by using these three angles ϕ , θ , and ψ .

In the meantime, since the material constant of the crystal is already obtained, when the Euler angles ϕ , θ , and ψ are given, then it is possible to theoretically calculate the propagation speed, electromechanical coupling coefficient, temperature characteristic, and the like of the surface acoustic wave. Here, when the relationship between the angles θ and ψ at which the delay time temperature coefficient of the surface acoustic wave becomes zero at a temperature of 20°C is obtained when $\phi = 0^\circ$, such a relationship is formed as in the curve shown in Fig. 4. In this figure, a point ST is a point indicative of an ST-cut crystal which has heretofore been in use. As can be seen from this figure, there exist many cuts that exhibit a zero temperature coefficient at 20 °C. However,

even if the zero temperature coefficient is exhibited at 20 °C, it is not clear from this figure whether or not the temperature characteristic is excellent throughout a wide temperature range. A separate theoretical study has been made on this respect. Furthermore, the magnitude of the electromechanical coupling coefficient and a power flow angle (angle indicative of the difference between a phase speed and an energy speed) are also important factors in selecting the substrate. Thereupon, as a result of a comprehensive study on all these, it is revealed that the crystal substrate in the vicinity of a point A of Fig. 4 has an extremely excellent temperature characteristic as compared with the ST-cut crystal and also becomes on the same order of the magnitude of the electromechanical coupling coefficient as the ST-cut crystal. Besides, in Fig. 4, a point A' is a point that exhibits quite the same characteristic as the point A due to crystal symmetry.

Next, to show these characteristics by a diagram, Fig. 5 shows a theoretical value of the temperature characteristic of the crystal substrate in the vicinity of the point A of Fig. 4 and an experimental value thereof obtained by actually measuring a surface acoustic wave device such as shown in Fig. 1. The theoretical value is obtained by changing the in-plane rotation angle ψ . The surface acoustic wave device is fabricated by cutting a crystal substrate on condition that $\theta = 118^\circ$ and $\psi = 42.3^\circ$ and 42.7° . As can easily be seen by

comparing this diagram of the invention with Fig. 2 showing the characteristic of the ST-cut of the related art, the crystal substrate of the invention is very excellent at the temperature characteristic as compared with the ST-cut of the related art. For example, to compare them in terms of the temperature range in which the temperature characteristic of the delay time change rate is 10 ppm or lower, the ST-cut of the related art has a temperature width of 38° , while the crystal substrate of the invention has a temperature width of 58° . Besides, the electromechanical coupling coefficient of a crystal substrate of this cut is 0.0018 (experimental value), and the power flow angle thereof is 2° (theoretical value).

Fig. 6 is an example of an insertion loss/frequency characteristic of the surface acoustic wave device fabricated. As can be seen from this figure, a device using the crystal substrate of this cut also has a small spurious signal and thus has satisfactory characteristics.

Furthermore, according to various studies, it is recognized that the characteristics of the crystal substrate of the invention are more excellent than those of the ST-cut of the related art as long as the angles θ and ψ have ranges of $118^{\circ} \pm 5^{\circ}$ and $\pm(43^{\circ} \pm 3^{\circ})$, respectively.

Additionally, the cut orientation and propagation direction of the crystal are designated by the Euler angles (ϕ , θ , and ψ) shown in Fig. 3, but the invention can be indicated

as follows by different terms. That is, the surface acoustic wave device is characterized in that the surface acoustic wave is propagated in the direction of $\pm(43^\circ\pm3^\circ)$ from the X-axis on a $28^\circ\pm5^\circ$ rotation Y-cut crystal substrate.

As is apparent from the above description, according to the invention, the surface acoustic wave device having a more excellent temperature characteristic than that of the prior art can be realized, and therefore is carried out to produce substantial effects.

4. Brief Description of the Drawings

Fig. 1 is a perspective view showing an example of a surface acoustic wave device forming the basis of the invention which is used to describe the invention;

Fig. 2 is a graph showing a temperature characteristic of an ST-cut crystal substrate of the related art;

Fig. 3 is an illustration showing a definition of right-hand Euler angles that represent arbitrary direction angles of a crystal;

Fig. 4 is a graph showing a trajectory of a zero temperature coefficient cut for indicating a cut of the crystal used in the surface acoustic wave device of the invention;

Fig. 5 is a graph showing a theoretical value and experimental value of the temperature characteristic of the surface acoustic wave device of the invention; and

Fig. 6 is a graph showing an example of an insertion

loss/frequency characteristic of the surface acoustic wave device of the invention.

1 Piezoelectric Substrate

2, 3 Comb-like Electrode

Patent Applicant

Shimizu Yasutaka

Agent, Patent Attorney

Murai Takashi

[Fig. 2]

DELAY TIME CHANGE RATE

TEMPERATURE (°C)

[Fig. 5]

DELAY TIME CHANGE RATE

TEMPERATURE [°C]

[Fig. 6]

INSERTION LOSS

FREQUENCY [MHz]

⑬ 日本国特許庁 (JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報 (A)

昭57-73513

⑤ Int. Cl.³
H 03 H 9/25

識別記号

庁内整理番号
7232-5 J

⑬ 公開 昭和57年(1982)5月8日

発明の数 1
審査請求 未請求

(全 3 頁)

⑭ 弾性表面波装置

⑪ 特 願 昭55-149483

⑫ 出 願 昭55(1980)10月27日

特許法第30条第1項適用

(1) 昭和55年5月9日発行春季研究講演論文
集に発表(2) 昭和55年10月3日発行秋季研究講演論文
集に発表

⑯ 発 明 者 清水康敬

東京都世田谷区梅丘3丁目1番1
0号

⑯ 発 明 者 山本泰司

津市新町1丁目2番7号

⑰ 出 願 人 清水康敬

東京都世田谷区梅丘3丁目1番1
0号

⑱ 代 理 人 弁理士 村井隆

明 細 書

1. 発明の名称

弾性表面波装置

2. 特許請求の範囲

(1) 回転 Y カット水晶であって、その回転角を Y
軸から $28^{\circ} \pm 5^{\circ}$ とし、弾性表面波の伝搬方向を
X 軸から $\pm (43^{\circ} \pm 3^{\circ})$ に設定した水晶を圧電
体として用いることを特徴とする弾性表面波装置。

3. 発明の詳細な説明

本発明は圧電体として水晶を用いた弾性表面波
装置に関する。従来より弾性表面波装置は、第1図に示すよう
に、圧電体基板1の上に2つのすだれ状電極2、
3を配置し、一方のすだれ状電極2に電気信号を
加えて弾性表面波に変換し、他方のすだれ状電極
3より電気信号を取出す構造が一般的となってい
る。この場合、従来の弾性表面波装置の圧電体と
して LiNbO_3 、 LiTaO_3 、水晶等が用いられてい
た。

しかし、これらの圧電体には温度特性の点で次

のような欠点があった。すなわち、 LiNbO_3 、
 LiTaO_3 は電気機械結合係数が大きい、遅延時
間の温度係数が夫々 $80 \text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$ 、 $20 \text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$
と大きい。また、水晶は電気機械結合係数が小さ
いといえ、温度係数が小さく、特に ST カット
水晶は第2図にその温度特性を示すように零温度
係数をもつものとして知られているが、同図から
わかるように遅延時間変化率が 1.0 ppm 以下とな
る温度幅は約 38°C で広くない。したがって、最
新の高信頼性デバイスの要求を満足させ得ること
ができない欠点があった。そこで、本発明はこれらの欠点を除去し、温度
特性の極めて良好な弾性表面波装置を提供しよう
とするものである。すなわち、本発明は弾性表面
波装置を構成する圧電体基板として水晶基板を用
い、遅延時間変化率が 1.0 ppm 以下の温度幅が
 58°C となる水晶基板のカット方位並びに弾性
表面波の伝搬方向を与えるものである。

以下、図面を用いて本発明を具体的に説明する。

まず、水晶のように異方性をもつ基板に対する

特性を議論する場合、オイラー角がよく用いられる。このオイラー角には右手系と左手系の表示があるが、ここでは第3図に示すように右手系のオイラー角(ϕ, θ, ψ)を用いる。この図において、 x, y, z 軸は水晶の結晶軸である。また、角度 ϕ は第1回転角で、 x 軸から回転した角度であり、第2回転角 θ は z 軸よりカット面を回転した角度である。さらに、第3回転角 ψ は切り出した水晶基板表面での弾性表面波の伝搬方向を示す角度である。したがって、これらの3つの角度 ϕ, θ, ψ を用いることによって、任意のカット方位の水晶基板で任意の方向に進む弾性表面波の特性を議論することができる。

ところで、水晶の材料定数は既に求められているので、オイラー角 ϕ, θ, ψ を与えれば、弾性表面波に対する伝搬速度、電気機械結合係数、温度特性などを理論的に計算することができる。ここで $\phi=0^\circ$ の場合について、温度が 20°C において弾性表面波の遅延時間温度係数が零となる角度 θ と ψ の関係を求めると、第4図に示す曲線

42.7° に切断して第1図に示すような弾性表面波装置を製作して測定した実験値とを示すものである。本発明によるこの図と、従来のSTカットの特性を示す第2図を比較して容易にわかるように、本発明による水晶基板の温度特性は従来の特性に比べて非常に優れている。例えば遅延時間変化率の温度特性が 10 ppm 以下となる温度幅で比較すると、従来のものが 38°C に対して、本発明のものは 58°C である。また、このカットの水晶基板の電気機械結合係数は 0.0018 (実験値)、パワーフロー角は 2° (理論値)である。

第6図は製作した弾性表面波装置の挿入損失周波数特性の一例である。この図からわかるように、このカットによる水晶基板を用いた装置はスプリアス信号も小さく良好な特性が得られている。

さらに、各種の検討によれば、角度 θ が $118^\circ \pm 5^\circ$ 、角度 ψ が $(43^\circ \pm 3^\circ)$ の範囲であれば、従来のSTカットの特性よりも優れていることが確認された。

なお、ここでは第3図に示すオイラー角($\phi,$

の如くなる。この図で点STは従来から用いられているSTカット水晶を示す点である。この図からわかるように 20°C で零温度係数を示すカットは多く存在する。しかし、例え 20°C において零温度係数を示しても、広い温度範囲にわたって温度特性が優れているかは、この図からは不明である。この点については別に理論的に検討した。更に、基板の測定に際しては、電気機械結合係数の大きさ、及びパワーフロー角(位相速度とエネルギー速度の違いを示す角)も重要な要因である。そこで、これら全てを総合的に検討した結果、第4図における点A付近の水晶基板によってSTカット水晶に比べて極めて優れた温度特性をもち、電気機械結合係数も同程度となることが明らかとなった。また、同図において、点A'は水晶の対称性により点Aと全く同一の特性を示す点である。

次に、これらの特性を図によって示すと、第5図は第4図の点A付近の水晶基板について、面内回転角 ψ を変えた場合の温度特性の理論値と、実際に水晶基板を $\theta=118^\circ, \psi=42.3^\circ$ 及び

θ, ψ)によって水晶のカット方位及び伝搬方向を指定したが、これを別の表現で示すと、本発明は次のように言い換えることができる。すなわち、 $28^\circ \pm 5^\circ$ の回転Yカット水晶基板において、 x 軸から $\pm(43^\circ \pm 3^\circ)$ の方向に弾性表面波を伝搬させることを特徴とする弾性表面波装置である。

以上の説明から明らかなように、本発明によれば、従来のものよりも優れた温度特性を有する弾性表面波装置が実現できるので実施して効果が大きい。

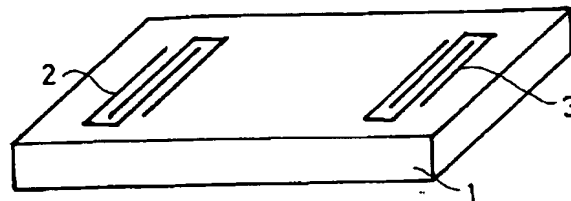
4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の説明に用いる本発明の基本となる弾性表面波装置の一例を示す斜視図、第2図は従来のSTカット水晶基板による温度特性を示すグラフ、第3図は水晶の任意の方位角を表現する右手系のオイラー角の定義を示す説明図、第4図は本発明の弾性表面波装置で用いる水晶のカットを示すための零温度係数カットの軌跡を示すグラフ、第5図は本発明による弾性表面波装置の温度特性の理論値と実験値とを示すグラフ、第6図

第1図

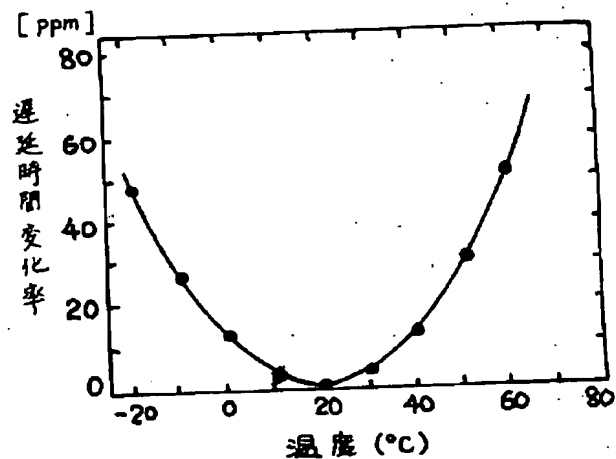
は本発明の弾性表面波装置の挿入損失の周波数特性の一例を示すグラフである。

1…圧電体基板、2、3…すだれ状電極。

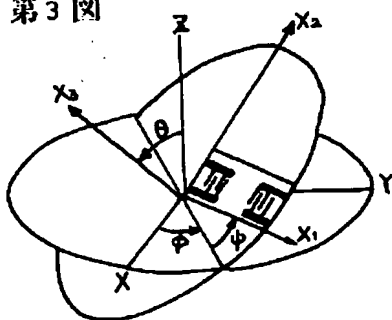


特許出願人 清水 康 敬
代理人 弁理士 村 井 隆

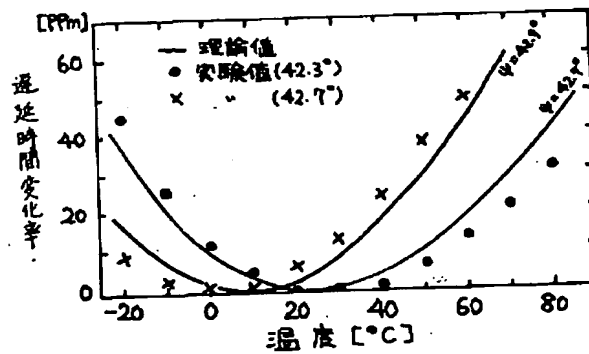
第2図



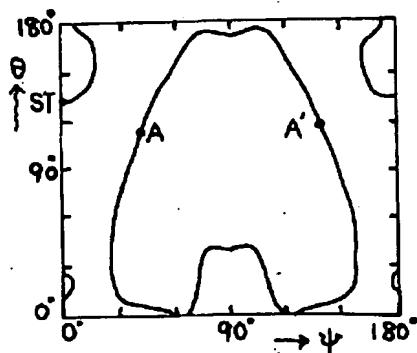
第3図



第5図



第4図



第6図

